**Методи очищення та знешкодження вихідних газів**

З метою зменшення забруднення атмосферного повітря пилом та іншими шкідливими домішками потрібно на всіх промислових підприємствах організму вати ефективне очищення газових викидів. Усі методи очищення можна розподілити на три групи: механічні, фізико-хімічні та хімічні.

**1. Механічні методи очищення**

Вибір методу очищення залежить від кількості відхідних газів та їхнього складу. Механічні методи застосовують для очищення вентиляційних та інших газових викидів від грубодисперсного пилу. В них пил відокремлюється під дією сили гравітації, інерції або відцентрової сили.

Вибираючи систему пиловловлювання, слід враховувати швидкість газового потоку, вміст пилу та його фізико-хімічні властивості, розмір часточок і наявність водяної пари. Існує два види пиловловлювання: сухе і мокре. З екологічного й економічного погляду досконалішими є сухі пиловловлювачі. Вони дають змогу повернути у виробництво вловлений пил, тоді як при мокрому утворюються водяні суспензії, переробка яких потребує більших матеріальних затрат. Недоліком сухого пилоочищення є те, що воно забезпечує високий ступінь очищення тільки у разі малої запиленості відхідних газів.

Механічне сухе пиловловлювання здійснюють в осаджувальних камерах, циклонних сепараторах, механічних та електричних фільтрах. В осаджувальних камерах очищають гази з грубодисперсними часточками пилу розміром від 50 до 500 мкм і більше. Ефективнішою є осаджувальна камера Говарда в якій газовий потік розбивається горизонтальними пластинами на окремі секції. Незважаючи на незначний аеродинамічний опір і невисоку вартість, ці апарати застосовують рідко через труднощі їх очищення. З них відхідні гази направляють в інші, ефективніші апарати для подальшого очищення.

Значно поширеніші циклонні сепаратори. У них запилений газ, обертаючись по спіралі, відкидає часточки пилу на стінки апарата, звідки вони потрапляють у пилоосаджувальну камеру. Циклонні сепаратори ефективно очищають гази, що містять часточки розміром не менш як 25 мкм. Коефіцієнт корисної дії циклонів залежить від концентрації пилу і розмірів його часточок. Середня ефективність знепилення газів у циклонах становить 78-86 % для пилу розміром 30-40 мкм. Основний недолік циклонів - значне абразивне спрацювання частин апарата пилом. Тому ці частини вкривають синтетичними матеріалами або зносостійкими сплавами, що здорожує конструкцію апарата. Циклони використовують для очищення запилених газів і повітря з великими часточками в різних галузях промисловості.

У фільтрах газовий потік проходить крізь пористий матеріал різної щільності й товщини. Очищення від грубодисперсного пилу здійснюють у фільтрах, заповнених коксом, піском, гравієм, насадкою різної природи й форми. Для очищення від тонкодисперсного пилу використовують фільтрувальний матеріал типу паперу, повсті або тканини різної щільності. Папір використовують для очищення атмосферного повітря або газів з низьким вмістом пилу. В промислових умовах застосовують тканини або рукавні фільтри. Вони мають форму барабана, тканинних мішків або кишень, що працюють паралельно. Їх очищують струшуванням або продуванням повітря.

Останнім часом як фільтрувальні тканини широко використовують синтетичні матеріали та скловолокно, що можуть витримувати температуру 150-250 °С, вони хімічно і механічно стійкіші і менш вологоємні порівняно з шерстю та бавовною. Останні дають змогу очищати гази з температурою не вище за 100 °С. Головною перевагою рукавних фільтрів є висока ефективність очищення, яка досягає 99 % для всіх розмірів часточок. Для тонкого очищення застосовують керамічні фільтри, фільтри з пластмас або скла. Ефективність пиловловлювання в них може досягати 99,99 %, а температура очищуваного газу - 500 °С.

Для тонкого очищення газів від пилу використовують електрофільтри. Крім пилу вони можуть також очищати гази від аеро- та гідрозолів, тобто вловлювати більш дисперговані часточки.

Для підвищення ефективності роботи електроди інколи змочують водою. Такі електрофільтри називають мокрими. У мокрих пиловловлювачах запилений газ зрошується рідиною або контактує з нею. Найпростішою конструкцією є промивна башта, заповнена кільцями Рашіга, скловолокном або іншими матеріалами. До апаратів такого типу належать скрубери та труби Вентурі. Часто для видалення шламів, що утворюються, труби Вентурі доповнюють циклонами. Скрубери працюють за принципом протитечії: газ рухається знизу вгору, а поглинальна рідина (частіше вода) розпилюється форсунками згори вниз. Скрубери можна застосовувати для холодних і гарячих газів, які не містять токсичних речовин (кислот, хлору тощо), оскільки вони видаляються в атмосферу разом з очищеним газом у вигляді туману.

У барботажних апаратах запилений газ пропускають крізь рідину (воду). Їх доцільно використовувати для очищення гарячих газів з часточками пилу розміром понад 5 мкм. Барботаж використовують також у пінних апаратах. Для створення піни у воду добавляють ПАР. Ефективність очищення в цих апаратах досягає 97-99 %.

Недоліком мокрого очищення газів є те, що вловлений пил перетворюється на мокрий шлам. Для видалення останнього потрібно будувати шламову каналізацію, що здорожує конструкцію.

В апаратах інерційного пиловловлювання різко змінюється напрямок потоку. Часточки пилу за інерцією ударяються об поверхню, осаджуються і через розвантажувальний пристрій видаляються з апарата. Всередині апаратів розміщені пластини або кільця, об які ударяється газ. Зверху апарати можуть зрошуватися водою. Тоді пил з них видаляється у вигляді шламу.

Ультразвукові апарати використовують для підвищення ефективності роботи циклонів або рукавних фільтрів. Ультразвук сприяє адгезії і закріпленню часточок пилу. Ці апарати ефективні у разі високої концентрації пилу в очищуваному газі. Для збільшення ефективності роботи апарата його зрошують водою. Такі апарати в комплексі з циклоном застосовують для уловлювання сажі, туману різних кислот тощо.

**2. Фізико-хімічні методи очищення**

До фізико-хімічних методів очищення газових викидів належать абсорбція і адсорбція. Абсорбція - це процес хімічного осадження або зв'язування забруднювальних речовин під час пропускання очищуваного газу крізь рідкий поглинач. Апарати для такого очищення називають абсорберами. В цих апаратах очищуваний газ і абсорбувальна рідина рухаються назустріч один одному. Абсорбцію застосовують для очищення повітря і відхідних газів, що містять токсичні забруднення - кислотні тумани, оксиди карбону (IV) і (II), ціанідну або ацетатну кислоти, сірчистий газ, оксиди нітрогену, різні розчинники, тощо. Як поглинач використовують суспензії, що містять оксиди магнію і кальцію або вапняк.

Ефективність очищення становить 90-95 %. Шлами після очищення можуть використовуватись для подальшого перероблення та отримання продуктів. Недоліком цих апаратів є ускладнення процесу видалення шламів у разі утворення важкорозчинних речовин.

Адсорбційний метод очищення газів - це сорбція газуватих речовин на поверхні або в об'ємі мікропор твердого тіла. Тверду речовину, на поверхні або в об'ємі пор якої відбувається концентрування очищуваних речовин, називають адсорбентом. Поглинювані забруднювальні речовини, що перебувають у газовій або рідкій фазі, називають адсорбтивом, а після переходу в адсорбований стан - адсорбатом. У техніці використовують тверді адсорбенти з сильно розвинутою внутрішньою поверхнею. Найчастіше як адсорбент використовують активоване вугілля, силікагель та глини, що мають велику поверхню. Один грам активованого вугілля має поверхню близько 5 км2. Вилучені з очищуваних газів речовини - адсорбтиви, які в подальшому видаляють шляхом десорбції, можуть бути використані для тих чи інших цілей. Цей процес називають регенерацією адсорбента і здійснюють здебільшого нагріванням перегрітою парою.

Апарати, в яких здійснюють адсорбцію, називають адсорберами. Їх виконують вертикальними, горизонтальними і з кільцевими полицями, на яких розташовують адсорбент.

Адсорбцією на активованому вугіллі очищають відхідні гази від гідрогенсульфіду у виробництві штучного волокна. За допомогою адсорбції на силікагелі очищають газові викиди від оксидів нітрогену. Цей метод широко застосовують для очищення вихідних газів від багатьох інших шкідливих домішок.

**3. Хімічні методи очищення**

Хімічні методи очищення газових викидів засновані на хімічному зв'язуванні шкідливих забруднюючих речовин. Дуже поширеним методом є хемосорбція, коли очищуваний газ промивають розчином речовин, що реагують із забруднювальними домішками. Так, для вловлювання оксидів нітрогену застосовують торфолужні композиції з гідроксидом кальцію або аміаком. У результаті хемосорбції утворюється добриво з 6-8%-вим вмістом зв'язаного азоту у вигляді нітратів кальцію і амонію.

Спалювання використовують для знешкодження горючих вуглеводнів, що не використовуються у виробництві. З погляду економіки - це малоефективний процес, оскільки теплота не використовується і тільки призводить до теплового забруднення навколишнього середовища. Якщо концентрація горючих речовин недостатня для горіння, то застосовують термічне окиснення. При цьому очищуваний газ спалюють у полум'ї пальника.

У багатьох випадках для знешкодження відхідних газів застосовують каталітичні процеси окиснення, відновлення та розкладання.

**4. Технічні засоби очищення викидів в атмосферу**

Згідно закону “Про охорону атмосферного повітря” кожне підприємство, заклад або організація, діяльність якої пов'язана із викидами в атмосферу забруднюючих речовин повинна бути оснащена відповідними спорудами, обладнанням та устаткуванням (апаратурою) для очистки викидів і засобами контролю за кількістю та складом викинутих в атмосферу забруднювачів.

Очистка виконується за допомогою спеціального газоочисного устаткування, яке часто складається з одного або декількох газоочисних апаратів, допоміжного обладнання та комунікацій. Газоочисним апаратом називається елемент газоочисного обладнання, в якому виконується певний виборчий процес вловлювання твердих, рідких і газоподібних речовин.

За методами очистки, газоочисні та пиловловлюючі апарати поділяють на 6 груп:

1) апарати сухої очистки;

2) апарати вологої очистки;

3) апарати, які очищують фільтруванням;

4) апарати хімічної очистки;

5) апарати термічної та каталітичної очистки;

6) апарати електричної та магнітної очистки очистки.

**1. Апарати сухої очистки**

В цій групі апаратів відділення домішок від газового потоку здійснюється механічним шляхом при використанні гравітаційних, інерційних центробіжних сил (що лежить в основі їх класифікації за типом). Ці апарати порівняно прості в конструкційному відношенні, але часто їх ефективність є недостатньою, тому їх варто використовувати в комплексі з іншими видами очисного обладнання. Вони використовуються в основному для грубої очистки газів в якості першого ступеня перед апаратурою 3 і 4 груп.

**А) Гравітаційні апарати:** пилоосадові камери (прості, багатополицеві, перегородочні з ланцюговими або дротяними завісами). Вони споряджаються дифузорами, газорозподілюючими решітками, горизонтальними або похилими полицями, деколи мають дротяні завіси або відхиляючі перегородки. Ступінь очистки газів не більше 40-50% при розмірі частинок 40-50 мкм.

Пилоосаджувальні камери застосовують для гравітаційного грубого очищення газових викидів від частинок пилу розміром 30-100 мкм.

Принцип роботи пилоосаджувальних камер ґрунтується на виведенні частинок пилу з газопилового потоку шляхом їх осадження під дією сили ваги. Їх застосовують для уловлення великих частинок сировинних матеріалів після обертових цементних печей, печей для обпалювання магнезиту і доломіту.

Перевагою пилоосаджувальних камер є простота виготовлення. Матеріалом для їх виготовлення є цегла, збірний залізобетон, сталь та дерево для холодних газів. Перевагою також є незначний гідравлічний опір 50-100 Па.

Недоліком пилоосаджувальних камер є низька ефективність пилоуловлення (40-50%), особливо при вловленні дрібнодисперсного пилу, а також їх громіздкість.

Продуктивність пилоосаджувальної камери визначається площею поперечного перерізу та швидкістю осідання пилу.

За конструкцією пилоосаджувальні камери бувають порожнисті, пустотілі, з горизонтальними полицями, з вертикальними перегородками, з ланцюговими чи дротяними завісами. Наявність ланцюгової чи дротяної завіси, вертикальних чи горизонтальних відхиляючих перегородок до гравітаційного ефекту додає ефект інерційного осадження при обтіканні газовим потоком різних перешкод. В результаті чого збільшується ефективність роботи пилоосаджувальних камер.

**Б) Інерційні апарати:** інерційні пиловловлювачі, пилоосадкувачі з відбиваючими перегородками і жалюзійні пиловловлювачі. Принцип дії інерційних апаратів ґрунтується на використанні інерційних сил та додаткового моменту руху вниз. Якщо в апарті за напрямком руху газу встановити перепону, то газовий потік огинає її, а тверді частинки за інерцією зберігають попередній напрямок руху. Наштовхуючись на перепону, вони втрачають швидкість і випадають з течії. Ефективність пиловловлювання збільшується, якщо частинці надати додаткового моменту руху, вектор якого направлений до низу і співпадає з вектором гравітаційних сил.

Перевагою інерційних пиловловлювачів є невеликі габарити, що забезпечують швидкість руху газів 10-15 м/с. Достатньо високий гідравлічний опір 200-300 Па збезпечує ступінь уловлення до 65-80% частинок розміром менше 25-30 мкм. За конструкцією найпростіші інерційні пиловловлювачі бувають з вертикальною перегородкою, з центральною трубою, з боковим штуцером та горизонтальними елементами.

Жалюзійні пиловловлювачі використовуються для розділення газового потоку на очищений та збагачений пилом газ. В жалюзійних пиловловлювачах пил виділяється з газового потоку під дією інерційних сил при зміні напрямку руху газового потоку за допомогою жалюзійних пластин або кілець. Швидкість руху газів досягає 10-15 м/с. Ефективність очищення становить 80% та більше для частинок розміром 20 мкм.

Випускають інерційні пиловловлювачі ІП-100, ІП-150, ІП-173, ІП-200, ІП-300, ІП-350. Цифра позначає діаметр вхідного отвору.

Позитивними якостями жалюзійних пиловловлювачів є малий гідравлічний опір та порівняно невеликі розміри. Недоліком є швидкий знос пластин чи кілець особливо при високій концентрації фракцій пилу і значним діаметром частинок.

**В) Центробіжні апарати:** циклони, вихрові та центробіжні ротаційні пиловловлювачі. Використовується сила обертального руху газового потоку (це апарати 1 і 2 ступеня очистки).

Циклони - найбільш поширені циліндричного та конічного циклів конструкції.

Залежно від якостей пилу і його дисперсного складу та вимог до очищення газу циклони застосовуються як апарати першого ступеня очищення або в сполученні з іншими пиловловлювачами. Вони ефективно вловлюють з газу частинки пилу діаметром 5 мкм і більші. Допустима початкова концентрація пилу в пилогазовому потоці, що очищується в циклонах, залежить від якості забрудненних газів, конструкції й розмірів циклонів.

Перевагою циклонів є:

· відсутність рухомих частин в апараті;

· надійне функціонування при високих температурах;

· можливість вловлювання абразивних матеріалів при захисті спеціальним покриттям внутрішньої поверхні;

· простота виготовлення;

· незалежність роботи від тиску газу;

· належність фракційної ефективності очищення від зростання запиленості газів;

· висока продуктивність при порівняно низькій вартості.

Недоліком є те, що значний гідравлічний опір 1250-1500 Па високоефективних циклонів призводить до поганого вловлювання частинок розміром менше 5 мкм.

В різних галузях промисловості залежно від умов виробництва та вимог очищення використовують типи циклонів: ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У («вкорочений»), ЦН-24 конструкції НДІОгазу.

При небезпеці налипання шару пилу використовуються спірально-конічні циклони СК-ЦН-34, спірально-довгоконічні циклони СДК-ЦН-33. Цифри 34 та 33 характеризують відношення діаметрів вихлопної труби до циліндричної частини корпуса. Використовують циклони конструкції ВЦНИИОТ, СИОТ, ЦКТИ, Гипродревпрома (УЦ-38).

Використовуються такі циклони: циклони загального призначення, прямоточні циклони, групові й батарейні циклони.

Вихрові пиловловлювачі (ВПУ) - це прямоточні апарати центробіжної дії. Дуже висока ефективність дії (98-99%) від мілкодисперсних частинок 3-5мкм меншим використанням електроенергії та можливістю очистки газів з температурою до 973К. Але вони є більш складними і вимагають додаткових пристроїв для подання вторинного повітря. ВПУ поділяють на 2 типи: сопловий і лопатковий. В першому завихрення створюється завдяки кільцевому лопатковому завихрювачу, або кільцевому сопловому в другому. Внаслідок взаємодії двох потоків повітря (забрудненого та вторинного) якщо останнє є також запиленим, то продуктивність установки 40-65%. ВПУ можуть використовувати блоками і тоді їх потужність збільшується до 315000 куб м/год.

Центробіжні ротаційні пиловловлювачі (ЦРП). Це апарати, де пилогазова суміш приводиться в обертальний рух робочим колесом (вентилятором) при цьому під дією центробіжної сили та сили Коріоліса пил осідає на стінах, а потім відводиться через патрубок. Вони не є дуже розповсюджені, через свою малу ефективність 50 - 90% (при дисперсності 5 - 40 мкм), продуктивності 2000 куб м/год.

**2. Апарати вологої очистки**

Принцип дії апаратів цієї групи базується на використанні явищ, виникаючих при подаванні рідини в запилений газовий потік або при проходженні газів через шар рідини. Їх застосовують не тільки для очистки газів від пилу і краплин рідини, але також для очистки газоподібних складових забруднювачів та охолодження газів. В якості рідини найчастіше використовується звичайна вода. Вологі пиловловлювачі за ефективністю наближаються до батарейних циклів, тканинних та електричних фільтрів. Але вони мають ряд вад: утворення відкладів, туманів, створення спеціальних систем водопостачання, відводу і переробки.

Найбільш розповсюдженими з них є:

**А) Порожнисті газопромивач**і**.** В цих апаратах запиленні гази проходять через завісу розпиленої речовини, частинки пилу захоплюються краплинами речовини і випадають разом з ними в осад, а очищені гази виходять з апарата. В цю групу включають зрошувальні газоходи (ефективність - 50-60%, розмір частинок 20 мкм; промивні камери - час перебування газу до 3с при швидкості руху 1,5-2,5 м/с; пустотілі форсунчаті скрубери - за напрямом руху води їх поділяють на протиточні, прямоточні та з поперечним підводом рідини). Вони є найбільшефективними для вловлювання частинок розміром 10 мкм.

**Б) Насадкові газопромивачі** - це скрубери, всередині яких розміщені насадки-заповнювачі (галька, кокс, полімерні кульки, скло, гума, тощо). Вони поділяються на апарати з нерухомою насадкою та рухомою. А також сюди відносять барбатажно-пінні апарати, де забруднювачі осідають на рідкій піні або плівці під дією сил інерції, гравітації або дифузії при проходженні пухирців газу через шар рідини товщиною 50-100 мм. При цьому ефективність 95-96%.

**В) Ударно-інерційні.** В основі роботи цих апартаів лежить принцип інерційного осідання частинок при різкій зміні напряму руху газового потоку над рідиною. Контакт газу з рідиною здійснюється внаслідок удару газового потоку об поверхню рідиною. Потім газорідинна суспензія, що утворилася внаслідок удару, пропускається через отвори. При цьому утворюються краплини діаметром 300-400 мкм. В ударно-інерційних газопромивачах відсутні засоби перемішування рідини. Тому вся енергія, що необхідна для утворення поверхні контакту, підводиться через газовий потік.

**Г) Центробіжні апарати.** Принцип дії подібний до циклону з використанням води (циклони з водяною плівкою, швидкісний промивач, центробіжний скрубер, центробіжний скрубер батарейного типу). Ефективність 99,5%, частинок розмірами до 30 мкм і 85% до 5 мкм.

**3. Апарати, які очищують газові викиди фільтруванням**

Процес очистки газів від твердих чи рідких частинок за допомогою пористих засобів називається фільтрацією. Частинки, що завислі в газовому потоці, осідають на поверхні чи в об'ємі пористих засобів за рахунок броунівської дифузії, ефекту щеплення, інерційних, електростатичних і гравітаційних сил. Апарати для очистки газів методом фільтрації називають фільтрами. Вони є: зернисті, волокнисті, тканинні. Ефективність до 99,9%, потужність до 150000 куб м/год, частинки 0,05-0,5 мкм.

**А) Тканинні фільтри.** Принцип роботи таканинних фільтрів ґрунтуєтьься на інерційному і дифузному осадженні частинок пилу. Тканинні фільтри використовуються для очищення неагресивних, не схильних до злипання й утворення вибухонебезпечних сумішей та конденстату газопилових сумішей від твердих частинок при високих температурах. Як фільтрувальний матеріал використовуються бавовняні, шерстяні, лавсанові тканини, що мають високу міцність та підвищену хімічну і теплову стійкість.

В промисловості використовуються фільтри типу ФР, ФРО, ФРКІ, ФРКДІ та інші. Літери позначають: Ф - фільтр, Р - рукавний, К - каркасний, О - зворотна продувка, І - імпульсивна продувка, ДІ - двобічне імпульсне продування.

**Б) Волокнисті фільтри.** В волокнистих фільтрах як фільтруючу поверхню використовують шари волокнистого матеріалу різної товщини: папір, картон, полімерні смои. Фільтри бувають, тонко-, глибоко- та грубоволокнисті.

Волокнисті фільтри тонкого очищення використовуються в промисловості та мікробіології, в хімікофармацевтичниій та радіоелектронній галузях, атомній енергетиці, вони дозволяють очищати значні об'єми газів від твердих частинок розміром 0,05-0,5 мкм та радіоактивних аерозолів.

Глибокі багатошарові фільтри застосовуються для очищення технологічного газу і вентиляційного повітря від радіоактивних частинок. Після 10-20 років експлуатації такі фільтри захороняють.

Грубоволокнисті фільтри використовуються для грубого або попереднього очищення.

**В) Зерністі фільтри.** Застосовуються для очищення вологих газів, злипливого пилу та пилу з великим електричним опором. Перевага таких фільтрів полягає в невисокій вартості та можливості очищення високотемпературних газів з присутністю агресивних домішок. Недоліком є громіздкість, періодичність дії та невелика продуктивність.

За конструктивнимии особливостями зернисті фільтри бувають насипні та жорсткі.

В насипних зернистих фільтрах елементи, що складають фільтруючий шар, жорстко не зв'язані один з одним. Як фільтруючий матеріал використовують пісок, гравій, щебінь, шлак, кокс, дерев'яну тирсу, гранули гуми й пластмаси, стандартні насадки.

Товщина кожного шару 100 мм. В першому, за рухом газів, шарі розмір зерен складає 5-10 мм, в другому - 3-5 мм, в третьому - 2,5-3 мм.

**4. Апарати хімічної очистки**

Апарати хімічної очистки поділються на абсорбційні та адсорбційні.

**А) Абсорбери** поділяються на: поверхневі насадкові абсорбери, барботажні абсорбери, розпилювальні абсорбери.

В поверхневих (насадкових) апаратах контакт газу з рідиною відбувається на змоченій поверхні насадки, по якій стікає зрошувальна рідина. Залежно від щильності зрошування й швидкості газового потоку насадкові абсорбери можуть працювати в різних гідродинамічних режимах: плівковому, підвішування, емульгування та винесення.

Плівковий режим характеризується невеликими навантаженнями за газом та рідиною. При цьому спостерігається незначна взаємодія між рідиною та газом. Кількість утримуваної насадкою рідини не залежить від швидкості газу. Опір насадки при цьому режимі прямо пропорційний квадрату швидкості газового потоку.

Режим підвішування настає у випадку, коли при збільшенні швидкості висхідного потоку газу швидкість стікання рідини по насадці зменшується. Відбувається накопичення рідини в місцях контакта насадкових тіл і збільшується кількість утримуваної рідини. При цьому режимі спостерігається різке збільшення опору змоченої насадки при незначному збільшенні шидкості газу. Збільшується змочена й активна поверхня насадки, що сприяє інтенсифікації масообміну.

Режим емульгування відбувається внаслідок значного накопичення рідини в насадці. Газ при цьому не проходить суспільним потоком, а барботує через рідину, що накопичилась в насадці. Режим емульгування відповідає максимальній ефективності насадкових абсорберів.

Режим винесення рідини починається тоді, коли швидкість газу перевищує швидкість, що відповідає режиму захлинання. При такому режимі газ знову стає суцільною фазою і відбувається значне винесення із апарата рідини у вигляді крапель.

Ефективність роботи абсорбера визначеється типом насадки та її укладанням. Насадка повинна мати малий гідравлічний опір, рівномірно розподіляти рідину, мати високу механічну міцність, добре змочуватися, не забиватися та не мати антикорозійних властивостей. Використовують такі типи насадок: кільцеві (кільця Рашіга, кільця Лессінга, кільця Палля), сідлові (сідла Берля, сідла Інталокс), хордові, плаваючі та блочні.

Барботажні абсорбери.Принцип роботи цих абсорберів ґрунтується на проходженні (барботажі) бульбашок газу через шар рідини. Абсорбери з суцільним барботажним шаром виконують у вигляді пустотних циліндрів, в нижній частині яких установлюють перфоровану плиту, шо призначена для подрібнення потоку газу на струмені.

Розпилювальні абсорбери. Вони є конструктивно простими, високопродуктивними, мають малий гідравлічний опір та можуть працювати в широкому діапазоні навантаження за газом та рідиною. Принцип їх роботи ґрунтується на розпилюванні рідини в потоці газу. Їх недоліком в порівнянні з барботажними апаратами є менша ефективність при абсорбції погано розчинних газів.

**Б) Адсорбери:** з нерухоми шаром адсорбенту, з рухомим шаром адсорбенту, з киплячим шаром адсорбенту, з віброкиплячим шаром адсорбенту.

Адсорбери з рухомим шаром, на відміну від адсорберів з нерухомим шаром адсорбенту забезпечують безперервність процесу, повніше використання адсорбційної ємності апаратів за рахунок руху газів як за течією, так і прооти течії. В одному апараті суміщаються всі стадії процесу: адсорбція, реґенерація, сушіння й охолодження.

Адсорбери з киплячим шаром дозволяють інтенсифікувати процес адсорбції без зміни гідродинамічних умов в апараті за рахунок збільшення поверхні контакту фаз та зменшення внутрішнього дифузійного опору твердої фази. Адсорбери з віброкиплячим шаром адсорбенту дозволяють інтенсифікувати процес очищення газів за рахунок переміщення сипучих адсорбентів за допомогою низькочастотних коливань. Віброкиплячий шар, що при цьому утворюється, має добрі властивості щодо тепло- й масообміну.

**5. Апарати термічної та каталітичної очистки**

Апарати термічної очистки включають до себе: камерні печі, регенеративні установки термічного знешкодження промислових викидів, комбіновані установки знешкодження газових викидів, факельні установки.

Камерні печі. Вони використовуються для термічного знешкодження промислових газових викидів. Час перебування газів в печі 3,5с, а температура 850?С. Недоліком є значні габаритні розміри та суттєвий залишок вмісту фенолу в газових викидах.

Регенеративні установки термічного знешкодження промислових викидів - є найбільш економічними. Складаються із камери спалювання та двох або декількох шарів регенеративної насадки.

Комбіновані установки знешкодження газових викидів. При термічному знешкодженні токсичних речовин завдяки обмеженим температурам часто неможливо досягти повного окислення або знешкодження домішок. Це призводить до викидання шкідливих речовин разом з відхідними газами в атмосферу. З метою запобігання цим негативним явищам використовують комбіновані установки, яякі мають два ступені. На першому ступені виконують термічне знешкодження домішок, на другому - більш глибоке каталітичне знешкодження.

Факельні установки використовують у випадках, коли тиск в технологічних установках недостатній для подання факельного газу в газгольдер, коли гази неможливо утилізувати або коли об'єми забруднених газів значно перевищують об'єм газгольдеру, що використовується.

До каталітичних апаратів відносять: апарати з фільтруючим шаром, апарати з киплячим шаром каталізатора, реактори з пилоподібними каталізаторами.

**6. Апарати електричної та магнітної очистки**

Виділяютьсяелектрофільтри та електромагнітні фільтри.

**А) Електрофільтри** за розміщенням зон зарядки і осаджування бувають однозонні та двозонні. В однозонних електрофільтрах зони зарядки і осадження суміщені. В двозонних апаратах зарядка відбувається в іонізаторі, а осаджування - в осаджувачі. Залежно від кількості послідовно розташованих осаджувальних електродів розрізняють одно-, дво-, три-, чотиропільні електрофільтри. За способом регенерації осаджувальних і корнувальних електродів, електрофільтри бувають сухі та мокрі. В сухих електрофільтрах для видалення осаджувального пилу використовують вібраційні, магнітно-імпульсні та ударно-пружинні системи струшуння. В мокрих електрофільтрах для видалення пилу використовують промивання електродів необхідною кількістю рідини.

**Б) Електромагнітні фільтри** поділяються на фільтри з осердям-насадкою, багатополюсні фільтри з відділеними електромагнітами, фільтри з відділеними постійними магнітами.

У фільтрах з осердям-насадкою робоча насадка розташована безпосередньо в порожнині електромагнітних котушок, тобто насадка є своєрідним осердям намагнічувальної котушки.

Багатополюсні фільтри з відділеними електромагнітами містять значну кількість малогабаритних котушок із сталевими осердями-магнітопроводами, що розташовані за межами насадки і спрямованими своїми полюсами до насадки. Конструкції багатополюснгих фільтрів повинні забезпечувати використання прямих суспільних осердь й скорочення до мінімуму ділянок магнітного кола поза робочими зонами, утворення робочих зон осадження необхідної довжини та забезпечення робіт під тиском.

Фільтри з відділеними постійними магнітами містять пакет постійних магнитів, які є не осаджувальними елементами, а намагнічувальню системою. Конструкція намагнічувальної системи дозволяє керувати магнітами для періодичного переривання магнітної дії на фільтрувальну насадку.